



①9 BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫

Offenlegungsschrift

⑩

DE 197 10 835 A 1

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:

G 01 N 9/24

G 01 N 23/06

G 01 M 19/02

G 01 N 27/416

// G 01 N 33/38

②1 Aktenzeichen:

197 10 835.0

②2 Anmeldetag:

15. 3. 97

④3 Offenlegungstag:

17. 9. 98

⑦1 Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

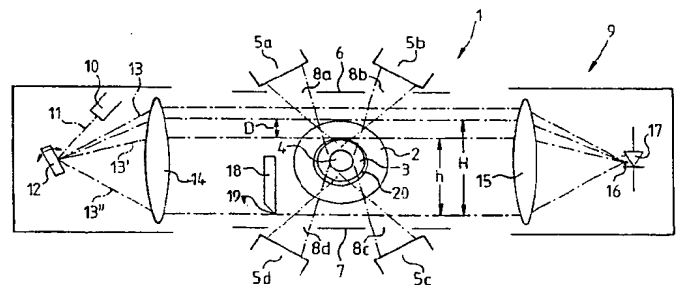
⑦2 Erfinder:

Bauer, Walter, Dr., 71735 Eberdingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Meßeinrichtung zur Dichtemessung von Bauteilen

⑤7 Es wird eine Meßeinrichtung zur Dichtemessung von Bauteilen vorgeschlagen, die unter Verwendung einer Gammaabsorptionsmessung eine höhere Genauigkeit gegenüber dem bisherigen Stand der Technik bei geringerem mechanischem Aufwand ermöglicht. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß die Strahlungsquelle (4) fest mit der Halterung (3) des zu prüfenden Bauteils (2) verbunden ist.



DE 197 10 835 A 1

DE 197 10 835 A 1

## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Dichtemessung von Bauteilen, insbesondere von rotationssymmetrischen Keramikgrünlingen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Zur Dichtemessung werden bislang bereits radiometrische Meßeinrichtungen verwendet. Hierbei wird ein zu prüfendes Bauteil mit Gammastrahlung durchleuchtet. Mittels eines Detektors wird die Intensität der transmittierten Gammastrahlung gemessen, woraus sich der Anteil der absorbierten Strahlung bestimmen läßt. Mit Hilfe einer zusätzlichen Messung der Transmissionslänge, d. h. der Wandstärke des zu prüfenden Bauteils, die von der Gammastrahlung durchdrungen wurde, läßt sich sodann die Dichte des Prüflings bestimmen. Zur Messung der Wandstärke wird hierbei eine Meßvorrichtung mit zwei Tastköpfen vorgesehen, die den Prüfling abtasten.

Bei der bekannten Methode ergeben sich Ungenauigkeiten, da der Prüfling für die verschiedenen Messungen bewegt und jeweils genau justiert werden muß. Bei rotationssymmetrischen Prüfkörpern muß beispielsweise die dickste Stelle des Prüfkörpers mit den Tastköpfen abgegriffen werden. Anschließend muß diese Stelle in definiertem Abstand von der Strahlungsquelle möglichst exakt einjustiert werden. Selbst bei großem Aufwand bringt die Vielzahl der Justierungsvorgänge hierbei eine gewisse Meßgenauigkeit mit sich.

## Vorteile der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Meßvorrichtung vorzuschlagen, bei der die Anzahl der notwendigen Justierschritte minimiert und somit die Meßgenauigkeit erhöht wird.

Diese Aufgabe wird ausgehend von einer Vorrichtung der einleitend genannten Art durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Durch die in den Unteransprüchen genannten Maßnahmen sind vorteilhafte Ausführungen und Weiterbildungen möglich.

Dementsprechend zeichnet sich eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Dichtemessung dadurch aus, daß die Strahlungsquelle fest mit der Halterung des zu prüfenden Bauteils verbunden beziehungsweise in diese integriert ist. Hierdurch ist die Position der Strahlungsquelle in Bezug zum Prüfling fest vorgegeben, so daß eine bislang erforderliche aufwendige Justage dieser beiden Komponenten entfallen kann.

Vorteilhafterweise wird zur Vermessung von Bauteilen, die entsprechende Ausnehmungen aufweisen, die Strahlungsquelle in eine in den Prüfling einführbare Halterung integriert. Auf diese Weise wird die Außenseite des Prüflings einer Dickenmessung besser zugänglich, ohne daß der Prüfling von der Strahlungsquelle getrennt werden muß. Es werden dabei unmittelbar die von der Absorptionsmessung erfaßten Bereiche des Prüflings einer Längen- bzw. Dickenmessung zugänglich.

In einer vorteilhaften Ausführungsform wird ein sogenannter Laserscanner zum Vermessen der Wandstärke und somit der Transmissionslänge verwendet. Ein Laserscanner bietet eine hohe Genauigkeit verbunden mit einem berührungslosen Verfahren zur Erfassung von Außenkonturen.

In einer besonderen Ausführungsform werden die Mittel zur Messung der Länge des transmittierten Bereiches ebenfalls fest mit Halterung des Prüflings verbunden. Auf diese

Weise muß auch die relative Position des Prüflings zur Längenmeßvorrichtung nicht mehr justiert werden, wodurch die Genauigkeit der Messung weiter verbessert wird.

In der bevorzugten Ausführungsform wird ein Eichkörper mit bekanntem Absorptionsverhalten vorgesehen, um die Absorptionsvorrichtung zu eichen.

Vorteilhafterweise wird ein Eichkörper gewählt, der eine mit dem Prüfling identische Transmissionslänge aufweist. Hierdurch wird die im Zuge der Eichung notwendige Umrechnung vereinfacht.

Vorteilhafterweise wird der Eichkörper wenigstens im Bereich der Halterung gleichgeformt wie ein später zu vermessender Prüfling. Auf diese Weise können eventuelle Fehler, die sich beispielsweise durch ein gewisses mechanisches Spiel in der Halterung der zu vermessenden Gegenstände ergeben können, kompensiert werden.

Wie bereits erwähnt, wird als Strahlung bevorzugt eine elektromagnetische Strahlung im Frequenzbereich der Gammastrahlung verwendet. Es wäre jedoch ohne weiteres die Verwendung anderer Strahlungsquellen denkbar, sofern ein entsprechendes Absorptionsverhalten der prüfenden Bauteile gewährleistet ist, d. h. die Intensität der Strahlung, die Transmissionslänge sowie der Absorptionskoeffizient müssen derart aufeinander abgestimmt sein, daß eine zuverlässige Absorptionsmessung möglich ist.

In einer besonderen Ausführungsform werden zwei oder mehrere Detektoren zur Erfassung der transmittierten Gammastrahlung vorgesehen. Hierdurch wird die Zählrate deutlich erhöht, so daß sich Meßzeit, die zur Minimierung des statistischen Fehlers erforderlich ist, deutlich verkürzt.

In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung werden die unterschiedlichen Detektoren um ein rotationssymmetrisches Bauteil in unterschiedlichen Winkelstellungen, bevorzugt gleich verteilt um die Achse des Bauteils angeordnet. Die zugehörigen Transmissionslängen zu jeder Winkelorientierung werden hierbei bevorzugt unter Verwendung des gleichen Laserscanners so vermessen, daß der Prüfling um die Achse gedreht wird. Hierzu wird in einer Weiterbildung der Erfindung die Halterung des zu prüfenden Bauteils drehbar ausgebildet. Durch die genannte Vorrichtung zur Messung der Transmissionslänge bzw. Wandstärke ist es möglich, mit einer feststehenden Laserscanner-Vorrichtung die Wandstärke des Prüflings in unterschiedlichen Winkelstellungen zu prüfen.

Zur Bestimmung der Dichte des Prüflings werden die in unterschiedlichen Positionen gemessenen und bestimmten Dichtewerte gemittelt, um eine integrale Dichte des Prüfkörpers zu messen. Mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, insbesondere unter der Verwendung mehrerer Detektoren wäre es jedoch auch möglich, eine lokale Dichteverteilung eines Prüflings zu vermessen.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und anhand der Figur nachfolgend näher erläutert.

Die einzige Figur zeigt eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Meßvorrichtung.

Die Vorrichtung 1 gemäß der Figur umfaßt einen Prüfkörper 2, der auf einen Halterungsdorn 3 aufgeschoben ist. Im Innern des Halterungsdorns 3 ist ein Gammastrahler 4 angebracht.

Unter vier verschiedenen Winkeln sind vier Detektoren 5a/b/c/d angeordnet. Vor dem Eingang der Detektoren sind Blenden 6, 7 angeordnet, die Blendenöffnungen 8a/b/c/d aufweisen, die nur einen vergleichsweise schmalen Bereich der Gammastrahlung in die Detektoren einlassen.

Ein Laserscanner 9 umfaßt einen Laser 10 dessen Laserstrahl 11 auf einen Drehspiegel 12 fällt. Im Strahlengang des reflektierten Laserstrahls 13, 13', 13'' befindet sich eine Zy-

linder-Konvexlinse 14, die die unter unterschiedlichen Winkelstellungen des Drehspiegels 12 reflektierten Strahlen 13, 13', 13" parallelisiert.

Eine weitere Konvexlinse 15 lenkt die unter unterschiedlichem Winkel vom Drehspiegel 12 reflektierten Laserstrahlen 13, 13', 13" in ihren Brennpunkt 16, wo eine Photodiode 17 angeordnet ist.

Zwischen den beiden Zylinderlinsen 14, 15 befindet der Prüfkörper 2 mit seinem Halterungsdorn 3. Eine Referenzblende 18 mit einer Referenzkante 19 ist im Bezug zur Strahlungsrichtung vor dem Prüfkörper beziehungsweise dem Halterungsdorn 3 angeordnet.

Zur Messung der Wandstärke des Prüflings 2 wird der Drehspiegel 12 mit einer definierten Winkelgeschwindigkeit gedreht. Hierdurch wandert der Laserstrahl 13, 13', 13" in einer definierten Lage von oben nach unten beziehungsweise umgekehrt durch die Darstellungsebene und tastet dabei den Prüfkörpers 2 sowie den Halterungsdorn 3 ab. An der Photodiode 17 wird festgestellt, ob der Laserstrahl 13, 13', 13" den Prüfkörper 2 beziehungsweise den Halterungsdorn 3 passieren kann oder von diesem ausgeblendet wird. Die Referenzblende 18 liefert mit ihrer Referenzkante 19 einen fest definierten Bezugspunkt.

Die Zeitdauer, die der Laserstrahl 13, 13', 13" durch im Strahlengang befindliche Gegenstände vor der Photodiode 17 ausgeblendet wird, stellt ein Maß für die Länge, die der Laserstrahl in der Darstellungsebene zurücklegt dar, sofern die Drehgeschwindigkeit des Drehspiegels 12 bekannt ist. In der dargestellten Vorrichtung läßt sich somit der Abstand H des obersten Punktes des Prüfkörpers 2 zur Referenzkante 19 sowie zuvor oder anschließend der Abstand h der Oberseite des Halterungsdorns 3 von der Referenzkante 19 bestimmen. Die Wandstärke D ergibt sich somit durch die Differenz  $D = H - h$ .

Die unter verschiedenen Winkeln vorliegende Wandstärke D kann dadurch gemessen werden, daß der Prüfkörper 2 rotiert wird, so daß die jeweils mit jedem Detektor 5a/b/c/d vermessene Zone des Prüflings 2 in den Meßbereich des Laserscanners gelangt und in seiner Wandstärke D bestimmt werden kann.

Gemäß dem dargestellten Ausführungsbeispiel liegt der Prüfkörper 2 mit einem durch den Spalt 20 zur Veranschaulichung überdeutlich dargestellten Spiel auf dem Haltehorn 3 auf. Die durch die leichte Exzentrizität des Prüfkörpers 2 ohnehin minimalen Einflüsse auf die Absorptionsmessung können durch einen dem Prüfkörper 2 gleichgearteten Eichkörper zur Verwendung der Eichung der Vorrichtung 1 kompensiert werden.

Aufgrund der bekannten Absorbtionsgleichung:

$I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot \rho \cdot d}$  läßt sich die Dichte  $\rho$  bei bekannter Dicke  $d$  sowie bekanntem Massenschwächungskoeffizient  $\mu$  nach der Messung der transmittierten Strahlungsintensität  $I$  rechnerisch bestimmen. Die genannte Gleichung gilt für ein eng kollimiertes, paralleles Strahlenbündel, weshalb eine entsprechende Korrektur der Absorptionsgleichung in  $I = B \cdot I_0 \cdot e^{-\mu \cdot \rho \cdot d}$  ( $B$  = Zuwachsfaktor) oder wesentlich kleinere Blenden vorzusehen sind. Bei einem gleichgeformten und im Arbeitspunkt absorbierenden Eichkörper wird bei einer Eichung das Produkt  $I_0 \cdot B$  bestimmt.  $I_0$  muß dann nicht notwendigerweise bestimmt werden.

Mit einer Vorrichtung 1 der beschriebenen Art ist keinerlei Justage der relativen Lage zwischen Strahler 4 und Prüfkörper 2 notwendig. Weiterhin ist mit der beschriebenen Vorrichtung 1, insbesondere in Verbindung mit dem darin enthaltenen Laserscanner 9 die Längenmessung der durchstrahlten Wandstärke D unmittelbar an dem Bereich des Prüfkörpers 2 möglich, der durch die Absorptionsmessung in den Detektoren 5a/b/c/d erfaßt und vermessen wird.

## Bezugszeichenliste

- 1 Vorrichtung
- 2 Prüfkörper
- 3 Halterungsdorn
- 4  $\gamma$ -Strahler
- 5a/b/c/d Detektor
- 6 Blende
- 7 Blende
- 8a/b/c/d Öffnung
- 9 Laserscanner
- 10 Laser
- 11 Laserstrahl
- 12 Drehspiegel
- 13 reflektierter Laserstrahl
- 14 Zylinderlinse
- 15 Zylinderlinse
- 16 Brennpunkt
- 17 Photodiode
- 18 Referenzblende
- 19 Referenzkante
- 20 Spalt

## Patentansprüche

1. Vorrichtung 1 zur Dichtemessung von Bauteilen (2), insbesondere von rotationssymmetrischen Keramikgrünlingen mit einer Strahlungsquelle (4) für eine unter bestimmter Absorption die Bauteile (2) transmittierende Strahlung, mit einem Detektor (5a/b/c/d) zur Erfassung der Intensität der transmittierten Strahlung und mit Mitteln (9) zur Messung der Dicke D des durchstrahlten Bereiches des Bauteils (2) **dadurch gekennzeichnet**, daß die Strahlungsquelle (4) mit einer Halterung (3) für das zu prüfende Bauteil (2) verbunden ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsquelle (4) in eine in das zu prüfende Bauteil (2) einführbare Halterung (3) integriert ist.
3. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Messung der Dicke D fest bezüglich der Halterung (3) des zu prüfenden Bauteils (2) fixiert sind.
4. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Messung der Dicke D einen Laserscanner (9) umfassen.
5. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß ein Eichkörper mit bekanntem Absorptionsverhalten vorhanden ist, der eine mit dem Prüfkörper (2) möglichst identische Dicke D und möglichst identische Absorption ( $\mu \cdot \rho$ ) aufweist.
6. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß der Eichkörper im Bereich der Halterung (3) gleichgeformt ist wie das zu prüfende Bauteil (2).
7. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsquelle (4) ein Gammastrahler ist.
8. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß zwei oder mehrere Detektoren (5a/b/c/d) vorhanden sind.
9. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß die Detektoren (5a/b/c/d) in unterschiedlichen Winkeln bezüglich der Achse eines rotationssymmetrischen zu prüfenden Bauteils (2) angeordnet sind.
10. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche

che dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Vermessung der Dicke D in der Lage sind, an tatsächlich von der Strahlung während der Absorptionsmessung transmittierten Bereichen des zu prüfenden Bauteils zu messen.

11. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß das zu prüfende Bauteil (2) mit oder ohne Aufnahmedorn (3) drehbar ist.

12. Verfahren zur Dichtemessung von Bauteilen, insbesondere von Keramikgrünlingen dadurch gekennzeichnet, daß eine Vorrichtung 1 nach einem der vorhergehenden Ansprüche verwendet wird.

13. Zündkerze dadurch gekennzeichnet, daß ein mit einer Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche vermessener Keramikgrünling vorhanden ist.

14. Lambdasonde dadurch gekennzeichnet, daß ein mit einer Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche vermessener Keramikgrünling vorhanden ist.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

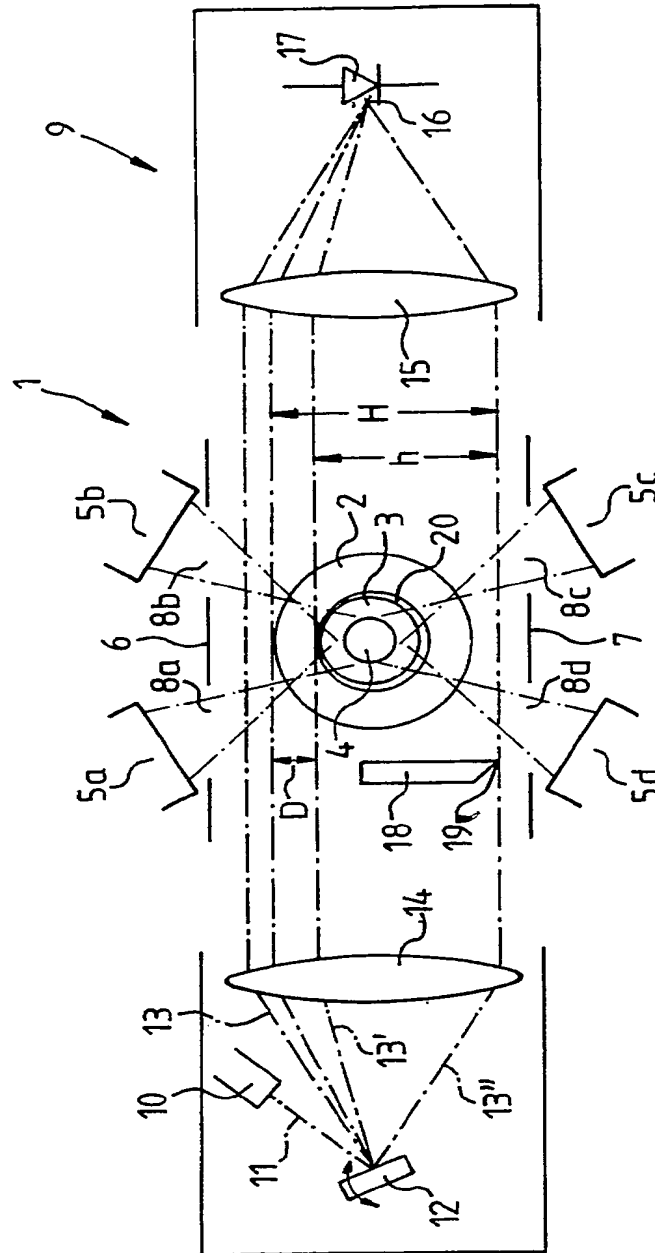


Fig.